# ارایه مدلی برای سیستم مدیریت روسازی راه‌های روستایی استان مازندران

**مقاله علمی- پژوهشی**

رضوان باباگلی*، استادیار، گروه مهندسی عمران، دانشگاه علم و فناوری مازندران، بهشهر، ایران
*پست الکترونیکی نویسنده مسئول: rezvan_babagoli@yahoo.com

دریافت: ١٤٠٠/٠٤/٢٧- پذیرش: ١٤٠٠/٠٨/٠٥
صفحه ٢٨١-٢٦٧

**چکیده**

***در سیستم نگهداری راهها، گزینه‌های مختلفی برای ترمیم و نگهداری مطرح می‌گردد. اما به واسطه محدودیت منابع، می بایست از میان گزینه‌های مختلف موجود، گزینه ای مدنظر قرار گیرد که با کمترین هزینه اهداف مورد نظر را تامین نماید و از خسارات زیان بار آتی جلوگیری کند. هدف از پژوهش حاضر بررسی مدیریت روسازی شبکه راه‌های روستایی استان مازندران می‌باشد. یکی از مهمترین مراحل در سیستم مدیریت روسازی ارزیابی شرایط فعلی روسازی می‌باشد که بدین منظور از شاخص‌های گوناگونی استفاده می‌شود. یکی از شاخص‌ها که از تحلیل داده‌های برداشت خرابی استخراج می‌گردد، شاخص PCI بوده که جز بهترین شاخص‌ها جهت ارزیابی خرابی راه‌های ایران می‌باشد. در این پژوهش پس از برداشت‌های میدانی و ارزیابی خرابی ها و تحلیل ان با نرم افزار Micro Paver مشخص گردید که روسازی‌های جاده‌ای روستایی "شرایط مناسب" با میانگین ٧٦ PCI داشتند. روسازی‌های آسفالتی که ٨٧ درصد از موجودی روسازی را تشکیل می‌دهند، دارای میانگینPCI متوسط ٧٤ بودند. روسازی‌های بتنی، که ١٣ درصد از موجودی روسازی را تشکیل می دهند، دارای مقدار کمی بالاتر از 87 PCI بودند. نتایج نشان داد که میزان بودجه پیش بینی شده در حال حاضر ٢,٠ M / YR (تقریبا) است، احتمالاً به کاهش ۶ درصدی در کل PCI و همچنین افزایش رکود M & R در طی پنج سال آینده منجر خواهد شد. میزان بودجه ٧,١ M/YR حذف رکود تعیین شده بود که در طول دوره تجزیه و تحلیل پنج ساله، کمترین هزینه کل را به دست آورد.***

**واژه‌های کلیدی:** PCI، میکروپیور، خرابی راه‌ها، بودجه‌های نگهداری و بازسازی

## ١-مقدمه

امروزه حمل و نقل، یکی از شاخصه‌های توسعه یافتگی کشورها به شمار می‌آید و شبکه راه‌ها به عنوان زیر ساخت این صنعت، از جایگاه خاصی برخوردار است، تا جایی که از شبکه راه‌ها به عنوان شریان‌های حیاتی یک کشور یاد می‌شود. به دلیل نقشی که راه‌ها به عنوان یک شریان مهم در حمل و نقل و جابه‌جایی سریع و ایمن مسافر در توسعه اقتصادی، اجتماعی و سیاسی کشورها ایفا می‌کنند، به عنوان یک سرمایه عظیم ملی محسوب می‌گردند. با توجه به اهمیت شبکه راه ها باید کلیه عواملی که باعث کاهش سطح عملکرد راه‌ها می‌شود را شناخت و نسبت به رفع آن‌ها اقدام کرد. این عوامل را باید در مراحل طراحی، اجرا و نگهداری، جستجو کرد. در این میان سومین عامل یعنی ضعف در نگهداری یا

عدم نگهداری راه‌ها، در دنیای امروز اهمیت ویژه‌ای یافته است. توجه به توسعه روستایی اولا برای تحقق عدالت بین همه ساکنان یک کشور و ثانیا برای توسعه بخش کشاورزی و دامپروری، حفظ و نگهداری راه اهمیت فراوان دارد. بی‌توجهی و فراموشی روستاها، در قرون اخیر باعث بروز مشکلات فراوانی برای این جوامع شده است. حمل و نقل یکی از زیر بناهای توسعه است، دسترسی و استفاده از امکانات گوناگون و جابه‌جایی مناسب بار و محصولات، از ملزومات توسعه روستایی است. به دلیل آنکه مهمترین بخش از ساختمان یک راه را روسازی آن تشکیل داده و بخش قابل توجهی از هزینه احداث یک مسیر، به روسازی آن اختصاص دارد، تمرکز مطالعات و برنامه‌ریزی‌ها در زمینه روسازی راه بیشتر بوده است. در همین راستا نگهداری روسازی به عنوان یکی از گرانترین اجزاء شبکه معابر هر کشور، در سطح مناسبی از سرویس دهی، از اهمیت بسزایی برخوردار است. در ایران به علت وسعت زیاد و پراکندگی جمعیت، مساله ایجاد راهها یک مساله عمده بوده و راه‌های موجود بسیار کمتر از میزان مورد نیاز می باشد. از اینرو در ایران راه نه تنها یک عامل مهم و پایه‌ای برای رشد اقتصادی بشمار می‌رود. بلکه به دلیل پراکندگی جمعیت و سکونت بخش وسیعی از مردم در مناطق روستایی جنبه رفاهی راه‌ها نیز از اهمیت ویژه ای برخوردار می‌باشد. زیرا فراهم آوردن امکانات رفاهی برای همه این جمعیت فراوان و پراکنده بسیار مشکل بوده و وجود راه‌هایی که این روستاها را به مراکز بخش یا شهرستان متصل می‌کند و استفاده از امکانات رفاهی این مراکز را روستائیان امکان پذیر سازد حائز اهمیت فراوانی می شود. در سیستم نگهداری راه‌ها، گزینه‌های مختلفی برای ترمیم و نگهداری مطرح می‌گردد. اما به واسطه محدودیت منابع، می‌بایست از میان گزینه‌های مختلف موجود، گزینه‌ای مدنظر قرار گیرد که با کمترین هزینه اهداف مورد نظر را تامین نماید و از خسارات زیان بار آتی جلوگیری کند. متأسفانه در ایران سیستم ترمیم و مرمت روسازیها تابع یک نظام هماهنگ تصمیم‌گیری نمی‌باشد و تابع تصمیم‌گیری‌های فردی است و روشن است چنین سیستمی نم یتواند بهینه باشد چون فاقد نگرش کلان در مسائل است که از تبعات آن وارد آمدن بار مالی بیشتر از مقدارمورد نیاز در بخش مرمت و نگهداری راه‌ها می باشد. پژوهشگری تحقیقی با عنوان طراحی سیستم مدیریت روسازی راه (مطالعه موردی: شبکه راههای روستایی استان خراسان) انجام داده است که در آن به لزوم استفاده از سیستم‌های مدیریت مهندسی در امر راهداری شرح داده و تدوین یک سیستم مدیریت روسازی راه را معرفی کرده است. برای طراحی سیستم شبکه راه‌های روستایی استان انتخاب شده بود تا سیستم مورد نظر در قالب یک نرم افزار کامپیوتری تهیه شود. ارزیابی روسازی در این سیستم با روش شاخص کیفیت روسازی انجام شده بود و پس از ورود داده‌ها به برنامه، نرم‌افزار قادر به ارایه برنامه تعمیر و نگهداری روسازی برای یک قطعه از راه به صورت جداگانه و نیز کل شبکه راه به صورت هماهنگ بود (ولی و همکاران، ١٣٩٣). پژوهشگری تحقیقی را در مورد تدوین یک سیستم کامپیوتری مدیریت نگهداری روسازی شبکه راه انجام داد که در آن سیستم کامپیوتری طراحی شده مدیریت نگهداری روسازی معرفی و بخشهای مختلف و روش کاربرد آن به اجمال شرح داده شد. سپس به عنوان یک مطالعه موردی اطلاعات بخشی از شبکه بزرگراهی تهران جمع آوری و توسط این سیستم مورد تحلیل قرار گرفت. بخش‌های مختلف نرم افزار تدوین شده برای مدیریت نگهداری روسازی راه، و قابلیت‌های مختلف ایجاد شده در این نرم افزار توضیح داده شد و در این راستا مراحل انجام و نتایج حاصل از مطالعه موردی برای نشان دادن قابلیتهای ایجاد شده در سیستم آورده شد (طباطبایی و افلاکی، ١٣٨٢). با بدست آمدن نتایج ارزیابی نرم افزار با توجه به سیاست‌های مختلف تعمیر و نگهداری تعریف شده اقدام به برنامه‌ریزی فعالیت‌های تعمیر و نگهداری شد. سرانجام، بر اساس اعتبار موجود و هزینه برآورد شده برای تعمیر و نگهداری بخش‌های مختلف و شاخص وضعیت موجود هر قطعه اقدام به اولویت بندی و تخصیص منابع برای پروژه‌های مختلف تعمیر و نگهداری در دوره برنامه‌ریزی شد. در این سیستم ٤ سیاست مختلف تعمیر و نگهداری بطور پیش فرض در سیستم مدیریت نگهداری روسازی گنجانده شد:

١- اقدامات ترمیم موضعی ٢- اقدامات اضطراری موضعی ٣- اقدامات پیشگیری در سطح وسیع٤- تعمیر اساسی و بهسازی در این پژوهش آمده بود که وجود یک سیستم مدیریتی کارا به عنوان ابزاری برای انتخاب پروژه‌های دارای اولویت تعمیر و نگهداری باتوجه به گستردگی شبکه‌های مختلف حمل و نقل کشوری امری اجتناب ناپذیر بود. نبود این سیستم در آن زمان خسارتهای هنگفتی را بر شبکه‌های حمل و نقل، استفاده کنندگان از راه، و کل جامعه وارد می‌ساخت (قاسم زاده طهرانی، ١٣٨٣). پژوهشگران تحقیقاتی با عنوان ارزیابی وضعیت شبکه روسازی به کمک نرم افزار Micro Paver (مطالعه موردی : شبکه راههای درون شهری شهرستان نیشابور) انجام دادند که، در آن تحقیق، پس از برداشت های میدانی و ارزیابی خرابی روسازی راه های اصلی شهرستان نیشابور با مساحت تقریبی روسازی ١٢٦٠٥٥٠ متر مربع و تحلیل آن با نرم افزار ٣-٢-٥ Micro Paver مشخص گردید که ٦٦ درصد از قطعات شبکه روسازی شهر دارای وضعیت خوب، با میانگین PCI، ٧٢/٩٧ بوده و تنها ١٤/٨ درصد از کل قطعات در وضعیت ضعیف با میانگین شاخص خرابی ٤١/٥ قرار داشتند. در صورت عدم نگهداری مناسب روسازی‌هایی که در هنگام پژوهش در شرایط خوب قرار داشتند و نزول وضعیت عملکردی آنها به شرایط ضعیف، هزینه‌های مرمت و اصلاح آنها به میزان قابل توجهی افزایش می یافت (طباطبایی و افلاکی، ١٣٨٢). دانیال معظمی در پژوهشی به مدیریت روسازی در سطح شبکه با نرم افزار میکروپیور پرداخته است. هدف اصلی پژوهش سیستم های مدیریت روسازی، تشخیص زمان و روش بهینه تعمیر و نگهداری، با در نظر گرفتن شرایط و امکانات موجود است. یک روش سیستماتیک مناسب به کمک ارزیابی عمیق از وضعیت فعلی روسازی و پیش بینی وضعیت آن در آینده، امکان انتخاب اقتصادی‌ترین استراتژی ترمیم و نگهداری (بهترین گزینه و مناسب‌ترین زمان اجرا) را فراهم می آورد. در واقع یک سیستم مدیریت و تعمیر خوب باید بداند چه موقع و کجا چگونه رسیدگی انجام شود تا امکان تصمیم گیری مناسب نسبت به تعمیر و نگهداری و یا نوسازی را فراهم آورده و با صرف کمترین هزینه بیشترین عایدی را نتیجه دهد. در این پژوهش سیستم میکروپیور که کاملترین نرم افزار مدیریت روسازی محسوب می شود، بکار گرفته شد و با ارزیابی وضعیت روسازی، اعمال سناریوهای مختلف (تحلیل با بودجه نامحدود، تحلیل با بودجه سالیانه، حفظ حداقل شرایط، پیامد ترمیم و نگهداری موضعی) و روش‌های اجرایی تعمیر، امکان مدیریت وضعیت روسازی در سطح شبکه فراهم گردید (Moazami et al, 2010). پژوهش انجام شده چالشی است برای پاسخ به این سوال که آیا توان علمی موجود در کشور می‌توان یک سیستم مدیریت نگهداری با قابلیت‌های ارزیابی، انتخاب قطعات مناسب و اولویت بندی عملیات به صورت اجرایی ایجاد نمود. به این منظور نمونه ای از سیستم مدیریت نگهداری در شبکه معابر منطقه ٦ شهرداری تهران طراحی و اجرار شد. این متدولوژی برای مدیریت ١٣١ مقطع بکار رفته و ارزیابی شد و قطعاات اولویت در هر سناریور مشخص شده و عملیات تعمیر به صورت اجرایی پیشنهاد گردید (معظمی، ١٣٨٧).

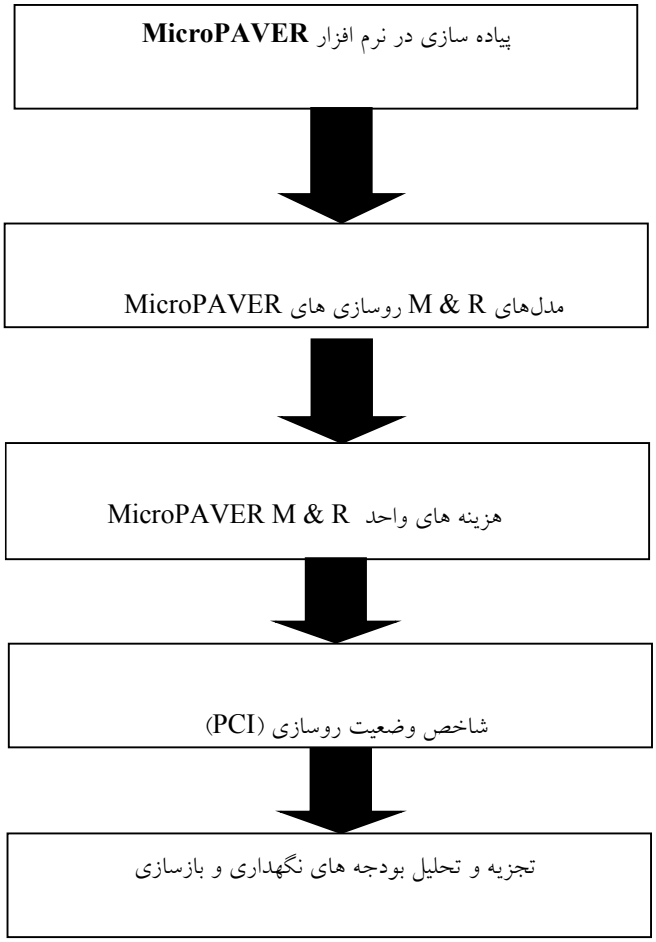
## ٢- روش تحقیق

در این بخش به تجزیه و تحلیل و نتایج شبکه روسازی راه‌های روستایی استان مازندران به روش‌های مختلف برای هر مرحله ارایه خواهیم داد که شامل: (١) پیاده‌سازی سیستم مدیریت روسازی MicroPAVER، (٢) انجام بررسی سطح شرایط شبکه در روسازی‌های، (٣) برآورد نیازهای تعمیر و نگهداری، هزینه و بازسازی آینده (M & R) در روسازی‌های جاده‌ای روستایی می‌باشد.

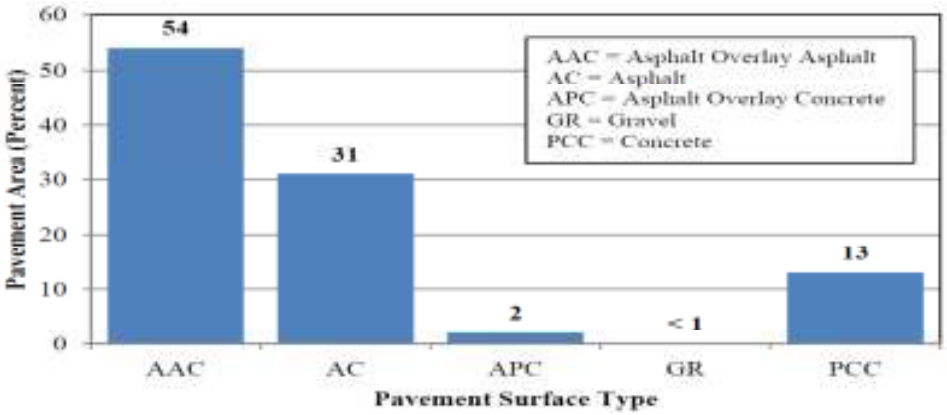
### ٢-١-توسعه پایگاه داده MicroPAVER

اولین گام در پیاده سازی MicroPAVER این بود که روسازی‌های جاده‌ای روستایی را به بخش‌های روسازی تقسیم کنیم. هر بخش روسازی به طور معمول نشان دهنده یک بلوک واحد از روسازی است (یعنی، تقاطع به تقاطع). دیناتست ویژگی‌های داده شده برای هر بخش روسازی را در پایگاه داده MicroPAVER شناسایی کرده و هنگامی که اطلاعات روسازی موردنیاز جمع آوری شده، تایید شده و توسط کارکنان سازمان به اتوکد وارد شد، نقشه اتوکد برای ایجاد پایگاه داده MicroPAVER استفاده شد.

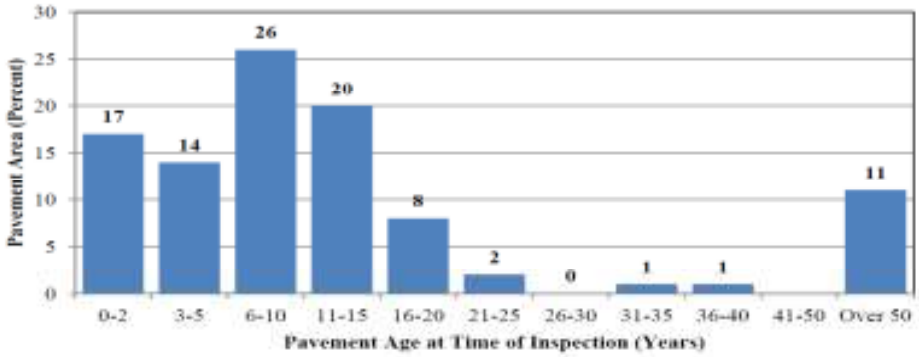
همانطور که در شکل (۲) نشان داده شده است، تقریبا ۸۷٪ از روسازی‌های جاده‌ای روستایی دارای سطح آسفالت هستند. روسازی‌های بتنی روستا ۱۳٪ از شبکه روسازی را تشکیل می‌دهند. تعدادی از جاده‌های شنی در شبکه روستایی نیز حضور دارند، اما این‌ها کمتر از ۱٪ از کل جاده را تشکیل می‌دهند.




**شکل۱. ارایه مدل شبکه روسازی**




**شکل۲. منطقه‌سازی باتوجه به نوع سطح**




**شکل۳. منطقه روسازی باتوجه به طول عمر**

سن روسازی از تاریخ سطح سازی مجدد یا بازسازی که در پایگاه داده MicroPAVER ذخیره شده، محاسبه شده است. اگر یک روسازی مجددا سطح سازی یا بازسازی نشده است، سن آن از تاریخ ساخت اولیه محاسبه می‌شود. مهم است که توجه داشته باشیم که سنین نشان داده شده در شکل (۳) براساس سوابق ساخت و ساز تاریخی موجود است. برخی سوابق در دسترس نیستند یا ناقص هستند. بر اساس سوابق موجود، تقریبا ۷۷٪ از شبکه‌های روسازی روستایی در طول ۱۵ سال گذشته مجددا سطح سازی، بازسازی و یا تازه سازی شده‌اند.

### ۲-۲-مدل‌های پیش بینی روسازی Paver Micro

مدل پیش بینی روسازی جهت پیش بینی شرایط آینده روسازی برای روستاهای مازندران استفاده شد. شش مدل پیش بینی شده برای تخریب روسازی‌های روستا مورد استفاده در جدول ۱ نشان داده شده است.

**جدول ۱. مدل های پیش بینی سفارشی MicroPAVER مبتنی بر تنها داده PCI[1]**

| شماره مدل | اسم مدل | شرح | معادله | PCI اصلی |
|---|---|---|---|---|
| ۱ | BIS_ABCI_AC0_15 | روسازی هایی باسطح آسفالت غیر مسکونی کمتر از ۱۵ سال. | 100-2.16506X | ٦٠ |
| ۲ | BIS_ABCI_AC_15_ALL | روسازی هایی باسطح آسفالت غیر مسکونی بیشتر از ۱۵ سال. | 100-2.5X | ٦٠ |
| ۳ | BIS_ABCI_PCC | روسازی های بتنی غیر مسکونی | 100-1.14106X | ٥٥ |
| ٤ | BIS_E_AC_15 | روسازی هایی باسطح آسفالت مسکونی کمتر از ۱۵ سال. | 100-2.65134X | ٦٠ |
| ٥ | BIS_E_AC_15_ALL | روسازی هایی باسطح آسفالت مسکونی بیشتر از ۱۵ سال. | 100-3.0X | ٦٠ |
| ٦ | BIS_E-PCC | روسازی های بتنی مسکونی | 100-0.96221X | ٥٥ |

در جدول بالا مدل‌های پیش بینی روسازی نشان داده شده در پیش بینی شرایط روسازی آینده مورد استفاده قرار گرفت و مقادیر بحرانی PCI از ٦٠ و ٥٥ برای روسازی‌های جاده‌ای آسفالتی و بتنی تعیین شد.

### ۲-۳- مدل‌های M & R[۲] روسازی‌های Micro PAVER

مدل‌های M & R برای جهت پیش بینی هزینه‌های آینده M & R برای روستاهای مازندران مورد استفاده قرار گرفت. همانطور که در جدول (۲) نشان داده شده است، این مدل ها بر اساس نوع سطح روسازی (به عنوان مثال AC، AAC، PCC و غیره) و درجه روسازی (به عنوان مثال A، B، C و غیره) هستند. این مدل‌ها به بخش‌های مناسب روسازی اختصاص داده شده و برای پیش بینی هزینه‌های آینده M & R مورد استفاده قرار گرفتند. داده‌های هزینه واحد مربوط به هر یک از این مدل‌ها در بخش زیر شرح داده شده است.

**جدول ۲. مدل‌های M & R عمده ی MicroPAVER**

| اسم خانواده | شرح |
|---|---|
| BIS_AC_A | شریانی اصلی با سطح آسفالت |
| BIS_AC_B | شریانی کوچک با سطح آسفالت |
| BIS_AC_C | گردآورنده با سطح آسفالت |
| BIS_AC_E | مسکونی با سطح آسفالت |
| BIS_AC_I | صنعتی با سطح آسفالت |
| BIS_PCC_A | شریانی اصلی بتنی |
| BIS_PCC_B | شریانی کوچک بتنی |
| BIS_PCC_C | گردآورنده بتنی |
| BIS_PCC_E | مسکونی بتنی |
| BIS_PCC_I | صنعتی بتنی |

### ۲-٤-هزینه‌های واحد MicroPAVER M & R

جداول هزینه‌های واحد M & R برای جهت پیش بینی هزینه‌های آینده M & R برای روستاهای مازندران مورد استفاده قرار گرفت. به منظور حمایت از مدل‌های M & R چندین جدول M & R با قیمت مناسب بر اساس نوع سطح روسازی (مانند AC، AAC، PCC و غیره)، و درجه روسازی (مانند A، B، C، و غیره.) طراحی شدند. همانطور، که در جداول زیر نشان داده شده است، هزینه‌های معمول M & R برای انواع مختلف روسازی به عنوان تابع مقادیرPCI توسعه داده شدند.

**جدول ٣. هزینه‌های واحد M & R عمده برای روسازی‌های جاده با سطح آسفالت بر اساس مقادیر PCIهزینه واحد عمده M & R در هر فوت مربع**

| PCI | استراتژی M&R عمده معمولی | شریانی اولیه (A) | شریانی کوچک (B) | گردآورنده (C) | مسکونی (E) | صنعتی (I) |
|---|---|---|---|---|---|---|
| ١٠٠ | بدون کار | ٠,٠٠$ | ٠,٠٠$ | ٠,٠٠$ | ٠,٠٠$ | ٠,٠٠$ |
| ٩٠ | اتصال ساختاری محلی | ٠,٢٣$ | ٠,٢٣$ | ٠,٢٠$ | ٠,٢٠$ | ٠,٢٣$ |
| ٨٠ | | ٠,٤٥$ | ٠,٤٥$ | ٠,٤٠$ | ٠,٤٠$ | ٠,٤٥$ |
| ٧٠ | میل و روکش (روسازی) با تعمیرات پایه محلی | ٣,٣٥$ | ٢,٥١$ | ٢,٠٩$ | ٢,٠٤$ | ٣,٣٥$ |
| ٦٠ | | ٤,٢٨$ | ٣,٢١$ | ٢,٥٧$ | ٢,٥١$ | ٤,٢٨$ |
| ٥٠ | | ٦,٦٩$ | ٥,٦٢$ | ٥,٠١$ | ٤,٥٣$ | ٦,٦٩$ |
| ٤٠ | میل و روکش (روسازی) با تعمیرات پایه گسترده یا بازسازی | ١٥,٧٠$ | ١٤,٢٠$ | ٧,٤٥$ | ٦,٥٤$ | ٩,٠٩$ |
| ٣٠ | | ١٥,٧٠$ | ١٤,٢٠$ | ٧,٤٥$ | ٦,٥٤$ | ٩,٠٩$ |
| ٢٠ | | ١٥,٧٠$ | ١٤,٢٠$ | ٧,٤٥$ | ٦,٥٤$ | ٩,٠٩$ |
| ١٠ | | ١٥,٧٠$ | ١٤,٢٠$ | ٧,٤٥$ | ٦,٥٤$ | ٩,٠٩$ |
| ٠ | | ١٥,٧٠$ | ١٤,٢٠$ | ٧,٤٥$ | ٦,٥٤$ | ٩,٠٩$ |

**جدول ٤. هزینه‌های واحد M & R عمده برای روسازی‌های جاده بتنی بر اساس مقادیر PCIهزینه واحد عمده M & R در هر فوت مربع**

| PCI | استراتژی M&R عمده معمولی | شریانی اولیه (A) | شریانی کوچک (B) | گردآورنده (C) | مسکونی (E) | صنعتی (I) |
|---|---|---|---|---|---|---|
| ١٠٠ | بدون کار | ٠,٠٠$ | ٠,٠٠$ | ٠,٠٠$ | ٠,٠٠$ | ٠,٠٠$ |
| ٩٠ | اتصال ساختاری محلی | ٢,١٠$ | ١,٩٢$ | ١,٩٢$ | ١,٩٢$ | ٢,١٠$ |
| ٨٠ | | ٢,١٠$ | ١,٩٢$ | ١,٩٢$ | ١,٩٢$ | ٢,١٠$ |
| ٧٠ | | ٢,١٠$ | ١,٩٢$ | ١,٩٢$ | ١,٩٢$ | ٢,١٠$ |
| ٦٠ | جایگزینی اسلب، ٢٥٪ | ٤,٣٧$ | ٤,٠٠$ | ٤,٠٠$ | ٤,٠٠$ | ٤,٣٧$ |
| ٥٠ | جایگزینی اسلب، ٤٠٪ | ٧,٠٠$ | ٦,٤٠$ | ٦,٤٠$ | ٦,٤٠$ | ٧,٠٠$ |
| ٤٠ | جایگزینی اسلب، ٥٠٪ | ٨,٧٥$ | ٨,٠٠$ | ٩,٢٥$ | ٨,٣٤$ | ٨,٧٥$ |
| ٣٠ | میل و روکش (روسازی) با تعمیرات پایه گسترده یا بازسازی | ١٧,٥٠$ | ١٦,٠٠$ | ٩,٢٥$ | ٨,٣٤$ | ١٧,٥٠$ |
| ٢٠ | | ١٧,٥٠$ | ١٦,٠٠$ | ٩,٢٥$ | ٨,٣٤$ | ١٧,٥٠$ |
| ١٠ | | ١٧,٥٠$ | ١٦,٠٠$ | ٩,٢٥$ | ٨,٣٤$ | ١٧,٥٠$ |
| ٠ | | ١٧,٥٠$ | ١٦,٠٠$ | ٩,٢٥$ | ٨,٣٤$ | ١٧,٥٠$ |

**جدول٥. هزینه‌های واحد جهانی M & R برای روسازی‌های جاده‌ای با سطح آسفالت**

| نوع مشکل | نوع پرداخت جهانی | هزینه واحد جهانی M&R در فوت مربع |
|---|---|---|
| مشکل جزئی | چیپ سیل | ١,٢١$ |
| مشکل آب و هوا | چیپ سیل | ١,٢١$ |
| مشکل ایجاد تیرحائل | چیپ سیل | ١,٢١$ |

جدول (٣) و جدول (٤) نشان می‌دهد که هزینه واحد M & R عمده به ازای هر فوت مربع به عنوان عملکرد PCI برای آسفالت و روسازی‌های جاده‌ای بتنی به ترتیب نشان داده شده است. جدول (٥) نشان می‌دهد که هزینه واحد M & R جهانی در هر فوت مربع به عنوان عملکرد انواع مشکلات دیده شده در بازرسی PCI بیان شده است. این هزینه‌های واحد به مدل‌های مناسب M & R اختصاص داده شده و برای پیش‌بینی هزینه‌های M & R آینده استفاده می‌شود. علاوه بر این، لازم به ذکر است که این هزینه‌های واحد هزینه‌های واحد در سطح شبکه هستند که برای مقاصد تخمین هزینه چند ساله استفاده می‌شوند. تجزیه و تحلیل M & R چند ساله MicroPAVER صرفاً بر اساس این هزینه‌های واحد و پیش بینی مقادیر PCI آینده است.

### ٢-٥- جداول بودجه MicroPAVER M & R

جداول بودجه M & R در MicroPAVER ایجاد شده اند تا منعکس کننده میزان بودجه مورد انتظار ٥ ساله روستاها باشند، که در جدول (٦) نشان داده شده است.

**جدول ٦. سطوح مالی پیش بینی شده ٥ ساله**

| سطح MicroPAVER از M&R | ٢٠١٣ | ٢٠١٤ | ٢٠١٥ | ٢٠١٦ | ٢٠١٧ |
|---|---|---|---|---|---|
| توقف-شکاف M&R | NA | NA | NA | NA | NA |
| پیشگیرانه محلی M&R | NA | NA | NA | NA | NA |
| M&R جهانی | NA | NA | NA | NA | NA |
| M&R عمده | ٢,٠٠٠,٠٠٠$ | ٢,٠٠٠,٠٠٠$ | ٢,٠٠٠,٠٠٠$ | ٢,٠٠٠,٠٠٠$ | ٢,٠٠٠,٠٠٠$ |

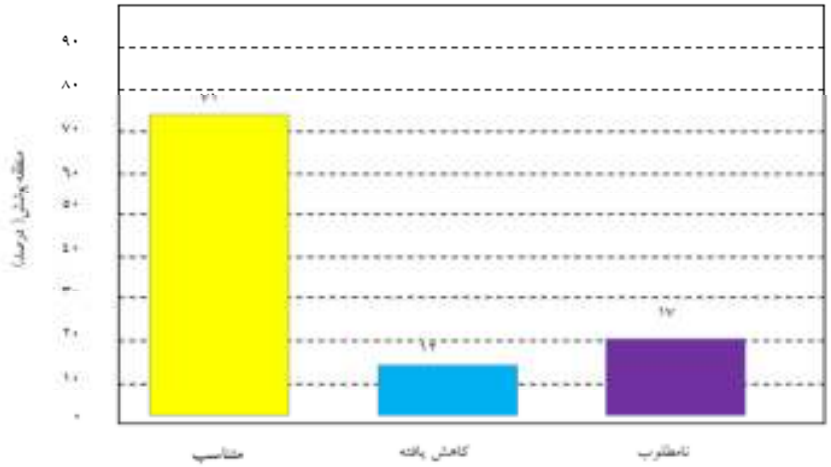
### ٢-٦- شرایط روسازی موجود در روستاها

هنگامی که عکس‌های روسازی توسط دیناتست تفسیر شد، داده‌های مربوط به MicroPaver وارد شد و مقادیر PCI برای هر بخش روسازی محاسبه شد. جدول (٧) نشان می‌دهد که معیارهای ارزیابی وضعیت PCI برای تجزیه و تحلیل شبکه روسازی مورد استفاده قرار گرفت.

**جدول ٧. معیارهای ارزیابی وضعیت PCI در شبکه روسازی**

| ارزش PCI | ارزیابی وضعیت |
|---|---|
| ٧١-١٠٠ | متناسب |
| ٥٦-٧٠ | کاهش یافته |
| ٠-٥٥ | نامطلوب |

در زمان بازرسی ماه مه ۲۰۱۲ Dynatest، روسازی‌های جاده‌ای روستایی در شرایط کلی "مناسب" با میانگین PCI متوسط ٧٦ قرار داشتند. توزیع وضعیت روسازی‌های روستایی در زمان بازرسی در شکل (٤) نشان داده شده است و جدول (٨) وضعیت روسازی را با نوع سطح روسازی نشان می‌دهد.

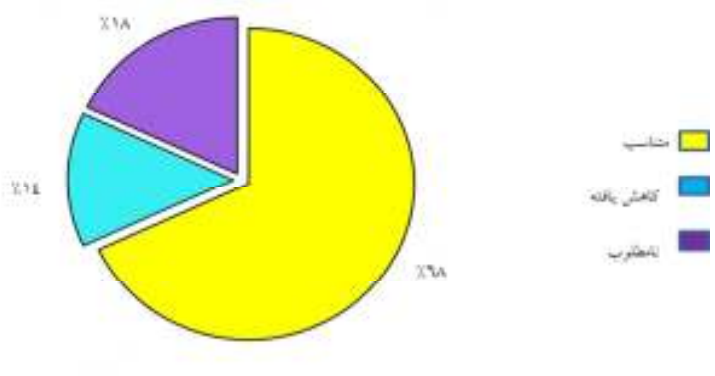



**شکل ٤. توزیع وضعیت کلی روسازی جاده**

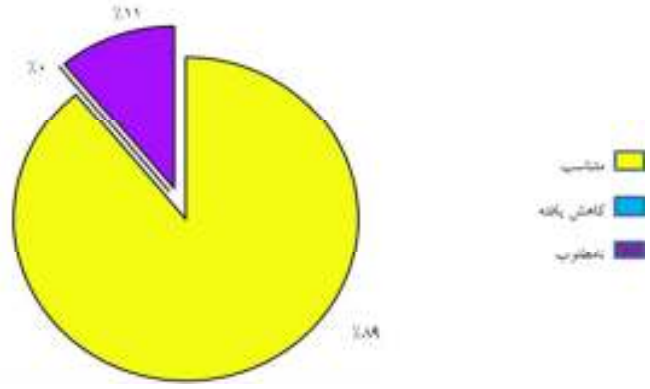
**جدول۸ توزیع شرایط روسازی جاده‌ای توسط نوع سطح**

| نوع سطح روسازی | منطقه بازرسی شده روسازی (SF) | منطقه روسازی (٪) | متوسط PCI ۲۰۱۲ |
|---|---|---|---|
| روسازی آسفالت برروی بتن آسفالتی (AAC) | ۱۰,۳۱۸,٤٥۹ | ٥٤ | ۷۰ |
| بتن آسفالتی (AC) | ٦,۰۱۸,۰۰۸ | ۳۱ | ۸۳ |
| روسازی آسفالت برروی بتن سیمانی پرتلند (APC) | ۳۳۸,٥۱٦ | ۲ | ٤۲ |
| شن وماسه/بدون روسازی (GR) | ۲۰,۳۰٦ | <۱ | NA |
| بتن سیمانی پرتلند (PCC) | ۲,٤۹۰,۸٦۳ | ۱۳ | ۸۷ |
| ترکیب همه | ۱۹,۱۸٦,۱٥۳ | ۱۰۰ | ۷٦ |

همانطور که در شکل (٤) نشان داده شده است، اکثریت قریب به اتفاق جاده های آسفالتی روستایی (به عنوان مثال، AAC، AC، و APC) در شرایط "مناسب" با میانگین کلی PCI متوسط ۷٤٪ مشاهده شده است. همانطور که در شکل (٥) نشان داده شده است، روسازی‌های بتنی روستایی در شرایط "مناسب" با میانگین PCI کلی ۸۷٪ مشاهده شد.




**شکل ٥. توزیع وضعیت روسازی جاده‌ای با سطح آسفالت در بازرسی**




**شکل ٦. توزیع وضعیت روسازی جاده‌ای باسطح بتن در بازرسی**

علل تخریب روسازی ممکن است به سه دسته کلی زیر تقسیم شوند: (١) مربوط به فشار، (٢) مربوط به آب و هوا / طول عمر و (٣) سایر. جدول (٩)، علل اولیه تخریب روسازی را در سراسر شبکه روسازی درروستا نشان می‌دهد.

**جدول ٩. طبقه‌بندی مشکل روسازی جاده‌ای مشاهده شده**

| دسته مشکل | نمونه مشکلات | درصد مشکلات مشاهده شده |
|---|---|---|
| مربوط به فشار | مشکلات روسازی آسفالت مانند چرخش و ترک تمساحی. مشکلات روسازی بتنی مانند شکستن گوشه و اسلب های جدا شده. | ٪٢٦ |
| مربوط به آب و هوا/ طول عمر | مشکلات روسازی آسفالت مانند هوازدگی، ترک خوردگی طولی و عرضی و ترک خوردگی بلوکی. مشکلات روسازی بتنی مانند ورقه ورقه شدن متصل و گوشه و آسیب متصل. | ٪٦٦ |
| سایر | مشکلات روسازی مانند بلیدینگ، پچ کردن و ترک لغزشی برای روسازی های آسفالت. پریدگی و پوسته پوسته شدن برای روسازی‌های بتنی. | ٪٨ |

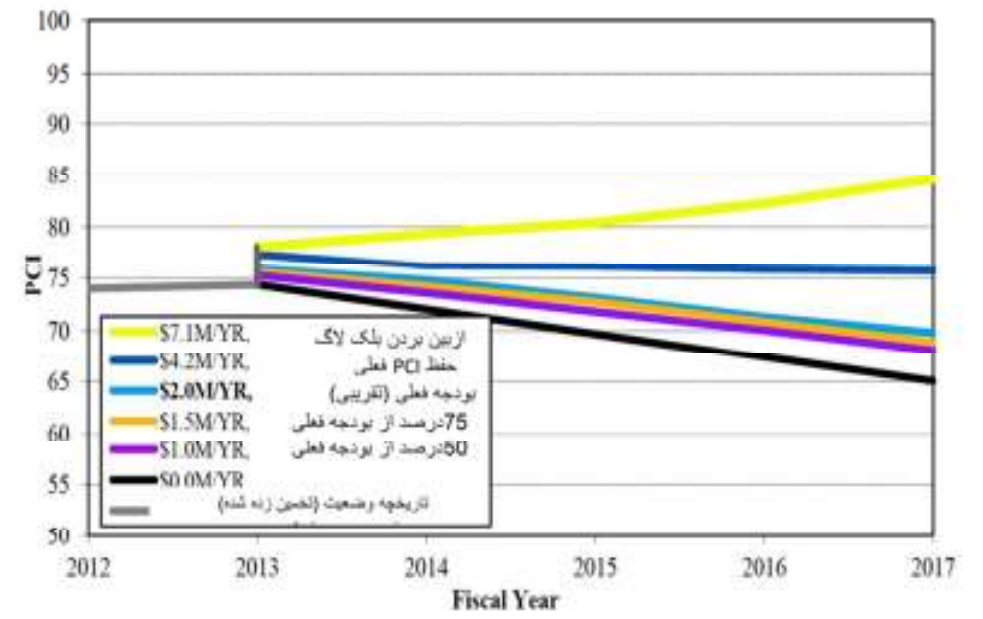
خرابی مشاهده شده در روسازی‌های روستایی عمدتا به وسیله مخلوطی از مشکلات مربوط به آب و هوا و فشار است. مشکلات مربوط به آب و هوا در سراسر روسازی‌های بتنی روستایی یافت شد. مشکلات مرتبط با فشار، مانند ترک خوردگی تمساحی و چاله‌ها، در جاده‌های روستایی دیده شد. جدول ۱۰ شرایط مختلف روسازی در سراسر راه‌های روستایی در طول بررسی را نشان می‌دهد.

**جدول ۱۰. شرایط روسازی مشاهده شده در طول بازرسی PCI**

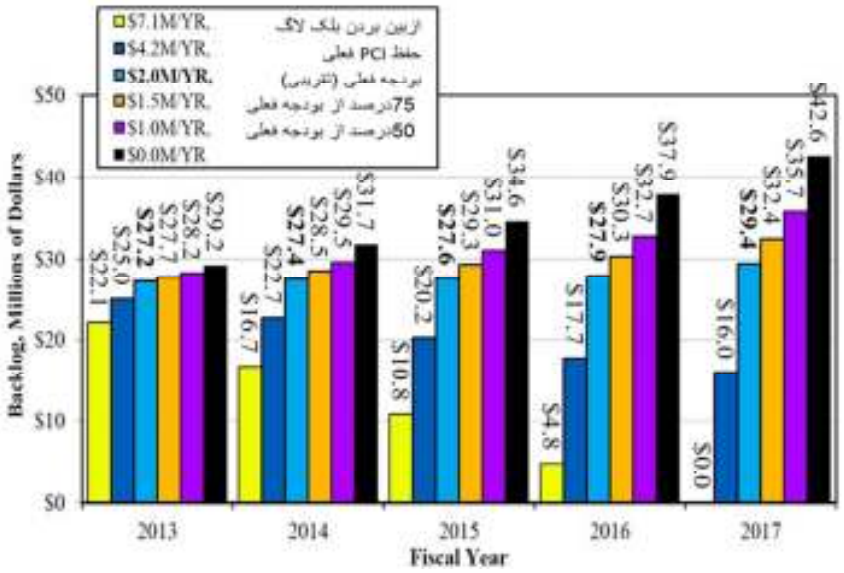
| PCI | فعالیت M&R توصیه شده (معمولی) |
|---|---|
| ۱۰۰ | کاری انجام ندهید |
| ۸۹ | کاری انجام ندهید یا تعمیر و نگهداری پیشگیرانه |
| ۸۹ | کاری انجام ندهید یا تعمیر و نگهداری پیشگیرانه<br>قیر کاری ترک، پرداخت سطح |
| ۷۹ | تعمیر و نگهداری پیشگیرانه |
| ٦٨ | یا تعمیر و نگهداری پیشگیرانه<br>قیر کاری ترک، پچینگ موضعی |
| ۳۲ | M&R عمده<br>پچ کردن موضعی ساختاری و سطح سازی مجدد یا بازسازی |
| ٢٤ | M&R عمده<br>پچ کردن موضعی ساختاری و سطح سازی مجدد یا بازسازی |
| ٢٤ | M&R عمده<br>بازسازی |
| ۱۳ | M&R عمده<br>بازسازی |
| ۱۱ | M&R عمده<br>بازسازی |

## ۳- تجزیه و تحلیل شش بودجه برای روسازی‌های جاده‌ای روستایی

نتایج حاصل از تجزیه و تحلیل شش بودجه در دو شکل زیر نشان داده شده است. شکل (۷) تغییر تخمین پنج ساله در شرایط روسازی ناشی از سناریوهای بودجه مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفته نشان می‌دهد در حالی که شکل (۸) تغییرات پیش بینی شده در رکود M & R عمده را نشان می‌دهد.




**شکل ۷. تأثیر بودجه برروی شرایط کلی روسازی جاده**




**شکل ۸. تأثیر بودجه بر روی جاده اصلی از مجموع R&M**

از جمله هزینه‌های کل آنها و هزینه‌های مربوط به بودجه"حذف رکود" M&R عمده، در جدول (۱۱) نشان داده شده است. این جدول نشان می‌دهد که اگر هر دو هزینه‌های M & R همچنین رکود M & R با هزینه‌هایی که به عهده گرفته می‌شود، پرداخت می‌شود، در صورتی که در طول یک دوره پنج ساله، رکود عمده M & R خود را از بین ببرد، کل هزینه کلی کاهش می‌یابد.

**جدول ١١. بودجه هزینه‌های عمده تخمین زده شده ٥ ساله**

**آسفالت جاده M & R**

| سناریو بودجه | هزینه های کلی M&R پنج ساله | کارهای باقیمانده M&R (٢٠١٧) | هزینه های کل پنج ساله | تفاضل هزینه |
|---|---|---|---|---|
| حذف کارهای باقیمانده $7.1M/YR | $35.5 M | $0.0M | $35.5 M | خط اصلی |
| حفظ جریان PCI از ٧٦ $4.2M/YR | $21.0 M | $16.0 M | $37.0 M | $1.5 M |
| بودجه فعلی (APPROX) $2.0M/YR | $10.0 M | $29.4 M | $39.9 M | $3.9 M |
| ٧٥٪ از بودجه فعلی $1.5M/YR | $7.5M | $32.4 M | $39.9 M | $4.4 M |
| ٥٠٪ از بودجه فعلی $1.0M/YR | $5.0M | $35.7 M | $40.7 M | $5.2 M |
| $0M/YR | $0.0K | $42.6 M | $42.6 M | $7.1 M |

## ٣-١- حذف رکود M & R عمده (از بین بردن رکود)

میکروپیور برای ارزیابی بودجه سالیانه مورد نیاز برای از بین بردن رکود M & R عمده برای روسازی‌های جاده‌ای مورد استفاده قرار گرفت. این طرح مشخص می‌کند که کدام روسازی جاده‌ها در طول پنج سال آینده به M&R عمده نیاز دارند به عنوان مثال، سطح سازی مجدد و بازسازی)، به طوری که – در پایان دوره پنج ساله – تمام روسازی‌های جاده‌ای تعمیر شده از مقدار واقعی PCI بحرانی خود هستند. مشخص شد که تقریبا $٧.1M/YR برای حذف رکود M & R موجود در پنج سال آینده مورد نیاز است. این سناریو باعث افزایش PCI کلی از ٧٦ در ابتدای سال ٢٠١٣ تا در پایان سال ٢٠١٧ خواهد شد. علاوه بر این، شایان ذکر است که اگر در طول پنج سال آینده $7.1M/YR درآمد داشته باشد، مبلغ سالانه مورد نیاز برای نگهداری روسازی‌های جاده‌ای از مقادیر بحرانی PCI آنها از سال ٢٠١٨ تا سال ٢٠٢٢ تقریبا $2.0M/YR است، از این رو، بهبود وضعیت روسازی در کوتاه مدت، را قادر می‌سازد که روسازی های خود را در وضعیت بهتر و به صرفه‌تر نگه دارند، بدون اینکه یک رکود قابل توجه ایجاد کند.

## ٣-٢- حفظ شرایط فعلی (حفظ PCI از ٧٦)

یک تجزیه و تحلیل مشابه برای برآورد بودجه سالانه مورد نیاز برای حفظ مقدار فعلی MCI متوسط روسازی‌های جاده‌ای برای پنج سال آینده انجام شد. مشخص شد که برای دستیابی به این هدف تقریبا $4.2M/YR نیاز است. این سناریو بودجه منجر به کاهش مداوم در رکود M&R می‌شود.

**پیامد بودجه:** تجزیه و تحلیل بودجه ثابت

چندین تجزیه و تحلیل اضافی برای تعیین عواقب بعدی بودجه سالانه M & R انجام شد.

$ 2.0M / YR، بودجه فعلی (تقریباً)

1.5M / YR ، ٧٥٪ از بودجه فعلی

1.0M / YR ، ٥٠٪ از بودجه فعلی

$ 0M / YR

انتظار می‌رود، هرچه پول بیشتری بر روی روسازی‌های جاده‌ای هزینه کند، بهبود در وضعیت روسازی بیشتر می‌شود و کاهش رکود بیشتر می‌شود. بودجه $2.0M/YR موجود، به طور پیوسته منجر به افزایش رکود و همچنین کاهش میانگین کلی PCI می‌شود. هر دو بودجه ١,٥ / M YR و M / YR١,٠ منجر به عواقب مطلوب کمتری می‌شود. امروزه لزوم اجرای یک سیستم مدیریت مهندسی در کشورهای در حال توسعه بیش از پیش احساس می‌شود. یک سیستم مدیریت مهندسی عبارت از مجموعه ای از ابزارهای مهندسی است که به منظور بررسی وضعیت و پیش بینی آن و تدوین برنامه‌های کاری با اهداف بهینه سازی مخارج بکار گرفته می‌شود. در سیستم‌های مدیریت مهندسی به منظور تعیین زمان، مکان و چگونگی نگهداری تسهیلات به بهترین

وجه، از تکنولوژی مهندسی استفاده می‌شود. سازمان‌ها می‌توانند کلیه سیستم‌های مدیریت مهندسی و مدیریت نگهداری موجود را در یکدیگر ادغام کنند. هدف از یکپارچه سازی، پیوند اطلاعاتی است که بوسیله سیستم‌های جدای از هم تولید می‌شوند. این کار به منظور بهینه کردن برنامه ریزی و مدیریت صورت می‌گیرد. در این پژوهش از سیستم میکروپیور برای مدیریت در سطح پروژه و شبکه استفاده شد و توانایی‌های این نرم افزار ارایه گردید.

اهداف اصلی این پروژه عبارت بودند از: (۱) پیاده سازی سیستم مدیریت روسازی میکروپیور، و (۲) بررسی وضعیت روسازی در سطح شبکه روسازی‌های جاده‌ای. هر دو هدف با موفقیت به پایان رسید، و شبکه روسازی در حال اجرا به روز رسانی سیستم مدیریت روسازی میکروپیور با داده‌های وضعیت روسازی اخیر بوده است. روسازی‌های جاده‌ای روستایی "شرایط مناسب" با میانگین ٧٦ PCI داشتند. روسازی‌های آسفالتی که ٨٧ درصد از موجودی روسازی را تشکیل می‌دهند، دارای میانگین PCI متوسط ٧٤ بودند. روسازی‌های بتنی، که ١٣ درصد از موجودی روسازی را تشکیل می‌دهند، دارای مقدار کمی بالاتر از PCI ٨٧ بودند.

نرم افزار میکروپیور مورد استفاده قرار گرفته است تا تاثیر سناریوهای مختلف پنج ساله را در شرایط شبکه روسازی جاده ای بررسی کند. مشخص شد که میزان بودجه پیش بینی شده در حال حاضر ٢,٠ M / YR (تقریبا) است، احتمالا به کاهش ٦ درصدی در کل PCI و همچنین افزایش رکود M & R در طی پنج سال آینده منجر خواهد شد. میزان بودجه ٧,١ M/YR حذف رکود تعیین شده بود که در طول دوره تجزیه و تحلیل پنج ساله، کمترین هزینه کل را در به دست آورد.

## ٤- پی‌نوشت‌ها

1-Pavement condition index
2-Maintenance and rehabilitation

## ٥- مراجع

-قاسم زاده طهرانی، ح.، (١٣٨٣)، "طراحی سیستم مدیریت روسازی راه (مطالعه موردی: شبکه راه‌های روستایی استان خراسان)"، دومین همایش قیر و آسفالت ایران، تهران، موسسه قیر و آسفالت ایران، دانشکده فنی دانشگاه تهران.

-طباطبایی، ن. و افلاکی، س.، (١٣٨٢)، "تدوین یک سیستم کامپیوتری مدیریت نگهداری روسازی شبکه راه"، ششمین کنفرانس بین‌المللی مهندسی عمران، اصفهان، دانشگاه صنعتی اصفهان، عمران.

-محمدزاده مقدم، ا. صحاف، س.ع. شهابیان مقدم، ر. و دارینی، م.، (١٣٩٦)، "ارزیابی وضعیت شبکه روسازی به کمک نرم افزار Micro Paver (مطالعه موردی: شبکه راه‌های درون شهری شهرستان نیشابور)"، سومین کنفرانس سالانه پژوهش‌های معماری، شهرسازی و مدیریت شهری، شیراز، موسسه معماری و شهرسازی سفیران راه مهرازی.

-معظمی، د.، (١٣٨٧)، "مدیریت روسازی در سطح شبکه با Micro Paver"، هشتمین کنفرانس مهندسی حمل و نقل و ترافیک ایران، تهران، سازمان حمل و نقل و ترافیک تهران، معاونت حمل و نقل و ترافیک شهرداری تهران.

-ولی، ر. و کیامهر، ر.، (١٣٩٣)، "مدیریت روسازی درسطح شبکه با نرم‌افزار پیور مطالعه موردی راه‌های روستایی شهرستان خرمدره"، کنفرانس ملی الکترونیکی توسعه پایدار در علوم جغرافیا و برنامه‌ریزی، معماری و شهرسازی اولین کنفرانس ملی توسعه پایدار در علوم جغرافیا و برنامه‌ریزی، معماری و شهرسازی، تهران، موسسه آموزش عالی مهر اروند، مرکز راهکارهای دستیابی به توسعه پایدار.

-Moazami, D., Muniandy, R., Hamid, H., & Yusoff, Z., (2010), "Developing a Comprehensive Pavement Management System in Tehran", Iran Using Micro Paver, Electronic Journal of Geotechnical Engineering, 15, pp.1782–1792.

# A Pavement Management System Model for Rural Roads in Mazandaran Province

*Rezvan Babagoli, Assistant professor, Department of Civil Engineering, University of Science and Technology of Mazandaran, Behshahr, Iran.*

*E-mail: rezvan_babagoli@yahoo.com*

Received: August 2021-Accepted: November 2021

**ABSTRACT**

In the road maintenance system, there are several options for repair and maintenance. But due to resource constraints, one should take into account the various options available to provide the lowest cost with the desired goals and prevent future losses. The purpose of this study was to investigate the management of rural roads in Mazandaran province. One of the most important steps in the management system is to evaluate the current conditions of the pavement, which uses a variety of indicators. One of the indicators derived from the analysis of failure data analysis is the PCI index, which is one of the best indicators for assessing the failure of Iran's roads. In this research, after field observations and evaluation of failures and analysis with Micro Paver software, it was determined that rural road pavements had "suitable conditions" with an average of 76PCI. Asphalt pavement, which represents 87% of the pavement inventory, had an average PCI average of 74. Concrete pavements, which constitute 13% of the pavement inventory, were slightly higher than the 87 PCI. The results indicate that the projected budget is currently 2.0M / YR (approximately), possibly leading to a 6% decline in the overall PCI, as well as an increase in M & R stagnation over the next five years. The 7.1 M / YR budget was set to eliminate the recession, which achieved the lowest total cost during the five-year analysis period.

**Keywords:** Pci, Micro Paver, Destruction of Roads, Maintenance and Renovation Budgets